

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

昭61-292029

⑬ Int.Cl.<sup>4</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 昭和61年(1986)12月22日

G 01 L 5/16  
B 25 J 19/02

7409-2F  
7502-3F

審査請求 有 発明の数 1 (全 14 頁)

⑮ 発明の名称 力検出装置

⑯ 特 願 昭60-122739

⑰ 出 願 昭60(1985)6月7日

⑱ 発 明 者	浅 川	和 雄	川崎市中原区上小田中1015番地	富士通株式会社内
⑱ 発 明 者	恩 田	信 彦	川崎市中原区上小田中1015番地	富士通株式会社内
⑱ 発 明 者	秋 田	正	川崎市中原区上小田中1015番地	富士通株式会社内
⑱ 発 明 者	鎌 田	徹	川崎市中原区上小田中1015番地	富士通株式会社内
⑲ 出 願 人	富 士 通 株 式 会 社		川崎市中原区上小田中1015番地	
⑳ 代 理 人	弁理士 青 木 朗		外 3 名	

明 細 書

1. 発明の名称

力 検 出 装 置

2. 特許請求の範囲

1. X方向に変位する平行板パネおよびZ方向に変位する平行板パネからなる2つの平行板パネ組体と、Y方向に変位する平行板パネおよびZ方向に変位する平行板パネからなる2つの平行板パネ組体とによりXY方向の十字形状体を構成し、各平行板パネ上の十字形状体上面又は側面の中心点に関し対称な位置に変位検出手段を設け、該十字形状体の中央部に検出すべき力の作用部材を連結し、上記十字形状体の各辺端部を、X、Y方向に沿った各辺の長手方向軸廻りにねじれ回転可能なトーションバーを介して支持枠に保持した力検出装置。

2. 矩形断面の4辺からなる十字状構造体の4つの各辺に互に直交する方向にコ字形スリットを設けることにより上記十字形状体各辺の2つの平行板パネを形成した特許請求の範囲第1項記載の

力検出装置。

3. 上記コ字形スリットの内側部材を平行板パネの変位量を規制するためのストップ手段とした特許請求の範囲第2項記載の力検出装置。

3. 発明の詳細な説明

(目 次)

- ・ 概 要
- ・ 産業上の利用分野
- ・ 従来技術
- ・ 発明が解決しようとする問題点
- ・ 問題点を解決するための手段
- ・ 作 用
- ・ 実施例
- ・ 発明の効果

(概 要)

相互に直交するX、Y、Z方向に変位可能な平行板パネによりX、Y方向の十字形状体を構成し、十字各辺の平行板パネ上に歪ゲージ等の変位検知手段を設け、十字中央に検出すべき力を作用させ、

(1)

(2)

特開昭61-292029 (2)

十字各辺端部を各辺の長軸廻りにおじれ回転可能なトーションバーにより支持する。これにより力の各方向成分および各軸廻りのトルクが相互に干渉することなく最小数の変位検知手段により検知され、微少なトルクの検出が可能となり、各方向の力成分およびトルクが簡単な演算式により高速で計測される。

#### (産業上の利用分野)

本発明は、例えばロボットのアーム先端に設けたロボットハンドに加わる外力の検出装置に関するものである。

近年、産業用ロボットの製造ラインへの導入が盛んに行なわれている。しかしながら、位置制御型のロボットでは環境からの拘束力に関係なく動作してしまうため、微妙な力加減を要する組体ラインの自動化への導入は極めて困難である。

これは、組立作業には、部品の嵌め合いや取付け作業等のように部品の置かれた絶対的な位置精度より、相対位置関係の高精度計測を必要とする

作業が多いことによる。

もし部品の嵌め合いを位置制御型ロボットで実行するならば、組立対象から決まる移動軌跡をロボット座標に対して正確に記述し、且つ正確に先端を所定の軌跡通りに制御しなければならない。

ところが、実際の位置制御型のロボットでは、ロボット自身が持つ機械的誤差や制御上の誤差等により絶対的位置精度を高くすることは極めて難しい。

この様なことから、組立ロボットでは、ロボットと対象物との間の相対位置誤差を補正あるいは吸収するためのコンプライアンス機構がロボットとハンドとの間の手首に設けられている。

しかしながら、この手首に設けられるコンプライアンス機構だけでは、誤差を補正あるいは吸収する量が極めて微小であるため、ロボットと対象物との間の相対位置誤差が大きい場合、それを完全に補正あるいは吸収することができない。

従って、前述した相対位置誤差を手首に生じる反力として検出し、検出した反力をロボットにフ

(3)

ードバックして反力が零となるように位置補正させるための力検出装置（センサ）が設けられている。いわゆるロボットの制御を位置制御から力制御に移行させるようにしたものである。

尚、手首に設ける力センサは剛体であることが望ましく、コンプライアンス機構でない方がよい。

#### (従来技術)

第9図は、従来の力検出装置を備えたロボットの概略を説明するための図である。

第9図に示すロボットは、直交座標型の3軸ロボットである。

図において、1はロボット本体のベースであり、後述するアーム2を矢印A（X軸）方向に駆動するX軸駆動源（モータ）を有している。2は第1のアームであり、第2のアーム3を矢印B（Z軸）方向に駆動するZ軸駆動源（モータ）を有し、ベース1のX軸駆動源によってX軸方向に移動する。3は第2のアームであり、第1のアーム2に対し、矢印C（Y軸）方向に駆動するY軸駆動源（モ

(5)

(4)

タ）を有し、Y軸方向に移動するものである。

5は力検出装置であり、第2のアーム3の先端に設けられ、ハンド4に加えられる力を検出する。ハンド4は、力検出装置5の先端に設けられる。

従って、ハンド4は第1のアーム2の左右動によってX軸方向に位置決めがされ、第2のアーム3の前後動と上下動によって各々Y軸方向とZ軸方向の位置決めがされ、結果として3つの動作軸により3次元の位置決めがなされる。

6は物品であり、例えば丸棒で構成され、ハンド4に把持される。7は部材であり、物品6が嵌め合わされる穴8を有し、穴8にはテーパ面9を有している。

力検出装置5は、X方向に変位する平行板バネ5a、Y方向に変位する平行板バネ5b、および上端又は下端に設けたZ方向に変位する十字形板バネ（図示しない）により構成される。各板バネの適当な位置に歪ゲージ（図示しない）を貼付して各方向の変位を検知する。

このような力検出装置5をロボットの手首部に

(6)

特開昭61-292029 (3)

設けて、ロボットにより物品6を部材7の穴8へ  
 嵌入させる嵌合作業を行わせる。物品6と穴8と  
 の相対位置誤差が生ずるとハンド4に外力が加わ  
 り、これに応じて力検出装置5の各板バネが変形  
 し歪ゲージがその変位量を検出する。この変位量  
 に基いて、X、Y、Z方向の力の成分およびトル  
 クを算出し、ハンドに加わる外力を打消す方向に  
 各アームを駆動制御しハンドを正しい位置に移動  
 させる。

(発明が解決しようとする問題点)

従来の力検出装置においては、1つの歪ゲージ  
 の出力に複数の力成分が含まれているため、力ベ  
 クトルの各成分を独立して検出することができな  
 い。従って、各歪ゲージの出力に基いて各方向の  
 力成分およびトルクを分離させた出力を得るため  
 複雑なマトリックス演算用回路を構成しなければ  
 ならず、また各歪ゲージの出力に基いて各方向の  
 力成分およびトルクを解析算出するためには極め  
 て複雑な演算式を導入しなければならず演算に長

(7)

形状体の各辺端部を、X、Y方向に沿った各辺の  
 長手方向軸廻りにねじれ回転可能なトーションバ  
 ーを介して支持枠に保持した力検出装置を提供す  
 る。

(作 用)

十字形状体を構成する8個の平行板バネ(X方  
 向2個、Y方向2個、Z方向4個)の各々に貼付  
 した歪ゲージは、Z方向板バネについては十字中  
 心点に関し対称位置に、X、Y方向板バネについ  
 ては十字形状体側面の中心に関し対称位置に設け  
 られ、検出すべき力は十字中心点に作用させ、さ  
 らに、十字の各辺は長軸方向にねじれ回転可能な  
 トーションバーを介して支持されるため、微少な  
 トルク検出が可能となり例えばX軸廻りのトルク  
 が作用した場合、X軸方向の十字辺は自由に回転  
 しこの十字辺上の歪ゲージはこのトルクに何ら影  
 響されず、これと直交するY方向の十字辺上の歪  
 ゲージのみが変形し出力を発する。従って、各歪  
 ゲージは各々方向成分の力およびトルクに対し

(9)

時間を要するものであった。従って、このような  
 力検出装置をロボットの駆動制御用に用いた場合、  
 制御回路が複雑となり、価格も高価となり、また  
 外力の各成分の変換分離に時間がかかり外力に対  
 応して直ちにロボットを高速制御することができ  
 ない。

本発明は、上記従来技術の欠点に鑑み、X、Y、  
 Zの各方向の力成分およびトルクを容易に分離し  
 て検出可能な力検出装置の提供を目的とする。

(問題点を解決するための手段)

この目的を達成するため、本発明では、X方向  
 に変位する平行板バネおよびZ方向に変位する平  
 行板バネからなる2つの平行板バネ組体と、Y方  
 向に変位する平行板バネおよびZ方向に変位する  
 平行板バネからなる2つの平行板バネ組体とによ  
 りXY方向の十字形状体を構成し、各平行板バネ  
 上の十字形状体上面又は側面の中心点に関し対称  
 な位置に変位検出手段を設け、該十字形状体の中  
 央部に検出すべき力の作用部材を連結し、該十字

(8)

てのみ変形して出力を発するという作用が確実に  
 達成される。

(実施例)

第1図に本発明に係る力検出装置の構成を示す。  
 (a)図は上面図(Z方向から見た図)、(b)図は(a)図  
 のII-II矢視図、(c)図は(a)図のIII-III矢視図であ  
 る。力検出装置10は、X方向に変位する平行板  
 バネ13およびZ方向に変位する平行板バネ12  
 からなる2組のY方向の平行板バネ組体と、Y方  
 向に変位する平行板バネ11およびZ方向に変位  
 する平行板バネ12からなる2組のX方向の平行  
 板バネ組体とを十字形状体の各4辺として構成さ  
 れる。このような各平行板バネは、矩形断面の十  
 字形金属ブロックの各辺に相互に直交する2つの  
 コ字形スリット17を放電加工等により形成する  
 ことにより作られる。このコ字形スリット17の  
 内側は各平行板バネの変位規制部材(ストッパ)  
 14として作用する。即ち、各平行板バネ11、  
 12、13は、力が加わって変形した場合この変

(10)

## 特開昭61-292029 (4)

位規制部材14に当接するとそれ以上は変形しない。スリット17の幅を適宜に選定しておくことにより各平行板パネの変位を板パネの弾性変形範囲内として板パネの塑性変形、破断等を防止できる。4つのZ方向の各平行板パネ12上には十字形の中心点に関し対称位置に歪ゲージ $e_1 \sim e_4$ が貼付される。X方向に変位する各平行板パネ13およびY方向に変位する各平行板パネ11上には各々十字形状体側面の中心に対し対称な位置に歪ゲージ $e_5 \sim e_8$ が貼付される。このような力検出装置10は、第2図に示すようにロボットの手首部に取付けられる。18はロボットのアームであり、アーム18の先端に十字形状の支持棒19が固定される。力検出装置10はこの支持棒19にトーションバー15を介して各辺が支持棒に対し長軸廻りに回転可能に支持される。十字形の力検出装置10の中央部にハンド20が固定される。第1図の16はハンド固定用の孔である。21(第2図)は指であり矢印D方向に開閉動作し物品を掴む。力検出装置10のX方向、Y方向の各

辺はトーションバー15を介して支持棒19に対し回転可能に支持されているため一方の軸廻りのトルクはその軸方向の支持棒に対し何ら力を与えず、これと直角方向の支持棒に対してのみ力が加わり、直交する支持棒各辺がトルクにより相互に干渉することはない。従って、相互干渉防止のために支持棒19の各辺を分離する必要はなく、第3図に示すように、支持棒19を一体的に形成することができる。トーションバー15は、第2図に示すように、その軸方向一端にネジ24を有し、これにより力検出装置10の各辺端部に螺着される。また、反対側端部にはネジ孔を有し、支持棒19の孔15を通してネジ22により、支持棒19に固定される。ネジ22の締付力によりトーションバー15には軸方向の引張り応力が作用し、たわみに対し剛性が増し、軸に直角方向の力により変形せず、ねじれ力に対してのみ応答し軸廻りに回転する。しかも、トーションバー15はベアリング等と異り摩擦力が作用しないため、微小なトルクに対して敏感にตอบสนองしてねじり回転動作を行

(11)

(12)

う。

以上のような構成の力検出装置の作用を第4図および第5図を参照して説明する。なお第4図、第5図は図を分かり易くするために変位規制部材14を省略しまた変位量を誇張して描いている。

第4図(a)はY軸廻りのトルクが作用した状態を示す。ハンド20に矢印E方向のトルクが作用し、Y軸に沿った十字の2辺は軸受15a、15bを介して矢印Fのように回転する。従ってX軸に沿った十字の2辺端部には支持棒を介してこのE方向のトルクを打消すようなモーメントが作用し、平行板パネ12が図のように変形する。このため、歪ゲージ $e_5$ および $e_6$ が変形して出力を発する。他の歪ゲージは変形せず出力を発しない。

第4図(b)はハンド20に矢印G方向(Y方向)に力が作用した状態を示す。X軸に沿った十字の2辺端部には支持棒を介して反力が作用し、平行板パネ11が図のように変形する。従って、歪ゲージ $e_1$ および $e_2$ のみが変形して出力を発し、他の歪ゲージは出力を発しない。

(13)

第5図(a)はハンド20に矢印H方向(Z方向)の力が作用した状態を示す。X軸およびY軸に沿った十字の4辺端部には支持棒を介して反力が作用し、4つの平行板パネ12(2つのみ図示)が図のように変形する。従って歪ゲージ $e_3$ 、 $e_4$ が変形して出力を発し、他の歪ゲージは出力を発しない。

第5図(b)はハンド20に矢印J方向(Z軸廻り)のトルクが作用した状態を示す。十字の各4辺端部には支持棒を介してこのモーメントが作用し、平行板パネ11および13が図のように変形する。従って、歪ゲージ $e_5 \sim e_8$ が変形して出力を発し、他の歪ゲージは出力を発しない。

尚、支持棒は変形せず剛体であり、力センサを剛体とすることができる。

以上のような、X、Y、Z各軸方向の力および各軸廻りのトルクと各歪ゲージ $e_1 \sim e_8$ との対応関係に基いて力ベクトルを算出する演算式を以下に示す。

(14)

$$F = \begin{pmatrix} F_x \\ F_y \\ F_z \\ T_x \\ T_y \\ T_z \end{pmatrix} \quad G = \begin{pmatrix} g_{11} & g_{12} & \dots & g_{16} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ g_{61} & g_{62} & \dots & g_{66} \end{pmatrix}$$

$$E = \begin{pmatrix} e_1 \\ e_2 \\ \vdots \\ e_8 \end{pmatrix}$$

とする。ただし、 $F$ は力ベクトルであり、 $F_x$ 、 $F_y$ 、 $F_z$ はX、Y、Z方向の力成分、 $T_x$ 、 $T_y$ 、 $T_z$ はX、Y、Z軸回りのトルク成分である。 $G$ は歪ゲージの出力電圧値に乘ずるゲインであり、縦の列は上記力ベクトルの6つの各成分に対応し、横の行は8個の歪ゲージ $e_1 \sim e_8$ に対応する。 $e_i$ は歪ゲージの出力電圧である。これらの式を、本考案による力センサに適用すると、以

(15)

場合には、 $e_5$ 、 $e_6$ で示される歪ゲージからしか出力が得られないことを示し、X軸回りの力 $T_x$ が加わる場合には、 $e_1$ 、 $e_2$ で示される歪ゲージからしか出力が得られないことを示す。

第6図は軸方向の力をトルクの影響なしに検出する方法の説明図である。

第6図(a)は、力検出器320の角棒321に対してY軸方向の力 $F$ が加わった状態を示す図であり、第6図(b)は同様に角棒322に対して穴337の中心Dを中心として回転する方向の力 $F$ が加わった状態を示す図である。

図において、323～326は平行板ばね体を示し、323a、323b、324a……326bは板ばねである。314g、314h、314i、314jは歪ゲージであり、夫々穴337の中心Dを通る中心線対象位置となるように貼付されている。すなわち、歪ゲージ314gと314i、歪ゲージ314hと314jが中心点Dを中心として中心線対象位置の板ばね326aと325bに貼付されている。尚、各歪ゲージ314g～314jの抵抗値は $R$ とする。

また、各歪ゲージ314g～314jは第7図に示すブ

(17)

特開昭61-292029 (6)

下の式が得られる。

$$F = G \cdot E = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & g_{51} & g_{52} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & g_{72} & g_{73} \\ g_{13} & g_{12} & g_{11} & g_{14} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ g_{14} & 0 & g_{13} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & g_{25} & 0 & g_{24} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & g_{64} & g_{65} & g_{66} & g_{67} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} e_1 \\ e_2 \\ e_3 \\ e_4 \\ e_5 \\ e_6 \\ e_7 \\ e_8 \end{pmatrix}$$

従って、

$$\begin{aligned} F_x &= g_{51} \cdot e_5 + g_{52} \cdot e_6 \\ F_y &= g_{72} \cdot e_1 + g_{73} \cdot e_2 \\ F_z &= g_{13} \cdot e_1 + g_{12} \cdot e_2 + g_{11} \cdot e_3 + g_{14} \cdot e_4 \\ T_x &= g_{14} \cdot e_1 + g_{13} \cdot e_2 \\ T_y &= g_{25} \cdot e_5 + g_{24} \cdot e_6 \\ T_z &= g_{64} \cdot e_5 + g_{65} \cdot e_6 + g_{66} \cdot e_7 + g_{67} \cdot e_8 \end{aligned}$$

となる。すなわち、 $F_x \sim F_z$ 、 $T_x \sim T_z$ において、ゲイン $g$ が“0”になる部分は、出力が無いことを示す。例えば、X方向の力 $F_x$ が加わる

(16)

リッジ回路を構成するように、夫々の図示されざる出力線が接続されている。

従って、第6図(a)に示すように、軸方向の力 $F$ が加わった場合、歪ゲージ314g、314hは縮み状態となるので、抵抗値は、 $(R - \Delta R)$ となり、歪ゲージ314i、314jは伸び状態となるので、抵抗値は、 $(R + \Delta R)$ となるので、第7図に示すブリッジ回路の端子a-b間の電圧は、

$$(R - \Delta R) i - (R + \Delta R) i = -2 \Delta R i$$

となる。

また、第6図(b)に示すように回転方向の力、 $F$ が加わった場合、歪ゲージ314g、314h及び歪ゲージ314i、314jは全て縮み状態となるので、端子a-b間の電圧は、

$$(R - \Delta R) i - (R - \Delta R) i = 0$$

となる。

従って、歪ゲージ314g～314jを第6図のように貼付して、第7図の如き、ブリッジ回路を構成することによりトルクの影響を受けることなく、軸方向の力のみを検出することができる。

(18)

## 特開昭61-292029 (6)

尚、前述の説明については1軸(Y軸)方向の場合についてしか説明していないが、同様にして板ばね323bと324b等に貼付することによって、X Y Z軸方向の力をトルクの影響なしに検出することができる。

第8図は軸回りのトルクを軸方向の力の影響なしに検出する手法の説明図である。

第8図において、第6図と同一部分には同一番号を付すことにより説明は省略する。第6図と異なる点は、歪ゲージ314i, 314jが板ばね325aに貼付されている点、すなわち、歪ゲージ314g~314jが板ばねの同一面側に貼付されている点である。また、夫々の歪ゲージ314g~314jは中心点Dから同一の距離となるように貼付されている。

更に、歪ゲージ314g~314jは第7図のようにブリッジ回路を構成している。また歪ゲージ314g~314jは第9図のように板ばねに貼付される。

尚、同一の歪ゲージで複数のブリッジ回路を組むことはできないので、314h, 314gは別途貼付する必要がある。

(19)

314h, 314g, 314i, 314j の組合せでトルクのみを検出し、314h, 314g, (314i), (314j) の組合せで力のみを検出する。尚、同一の歪ゲージで複数のブリッジ回路を組むことはできないので314h, 314gは別途貼付する必要がある。

第10図は、第1図に示した力検出装置10を備えたロボットを駆動制御するための制御ブロック図である。

図において115は操作パネルであり、指示部を構成し、プレイバック(再生)モード又はロボットに再生動作すべき位置を教示するための教示モードを指定する鈕やハンド20の位置や姿勢の記憶、ハンド20の開又は閉動作をあるいはロボットの原点復帰を指令する鈕等で構成され、オペレータが操作するものである。116はメモリであり、教示データ等を格納している。117はマイクロプロセッサ(以下プロセッサと称する)であり、プレイバック時にメモリ116から教示データを読み出し、ハンド20の指令軌道を作成して後述する位置制御部へ送出したり、ハンド20の開閉指令

(21)

従って、第8図(n)に示すように軸方向の力Fが加わった場合、各歪ゲージ314g~314jは全て縮み状態となるので、端子a-b間の電圧は、

$$(R - \Delta R) i - (R - \Delta R) i = 0$$

となる。

また、同様に第8図(n)に示すように軸回りの力Fが加わった場合歪ゲージ314g, 314hが縮み状態となり、歪ゲージ314i, 314jが伸び状態となるので、端子a-b間の電圧は、

$$(R - \Delta R) i - (R + \Delta R) i = -2 \Delta R i$$

となる。

従って、軸方向の力の影響を受けることなく、独立して軸回りの力、すなわちトルクを検出することが可能となる。

尚、以上の説明において、歪ゲージを中心点から等しい距離の位置に配置するのは、同一の力に対して、同一の電圧値になるようにするためである。すなわち、距離が異なると板ばねの変位量も異なるので、出力電圧が異なるためである。

第10図に、さらに歪ゲージの貼付側を示す。

(20)

を後述するハンド閉閉部へ送出するものである。118は位置制御部であり、プロセッサ117からの指令軌道に従って位置又は速度制御するため、指令軌道の各軸の移動量に対応する周波数のパルス列Vx, Vy, Vzに変換して出力するものであり、プロセッサ117とによって主制御部を構成する。119はハンド位置検出部であり、現在のハンド20の3次元位置(X, Y, Z)を検出するため、各軸の駆動源(モータ)に設けられたエンコーダの出力Px, Py, Pzを受け、各軸の位置(X, Y, Z)を検出するものである。120は力制御部であり、力検出装置10に取付けられた各歪ゲージの出力信号が入力され、各モジュール単位毎に構成される公知のブリッジ回路を確るものであり、X, Y, Z軸方向の追従指令PFx, PFy, PFzを出力する。121はアーム駆動回路であり、位置制御部118からの指令移動量Vx, Vy, Vzと力制御部120からの追従移動量PFx, PFy, PFzとの和によって各軸の駆動源をサーボ駆動するものであり、各軸の駆動源とアーム

(22)

特開昭61-292029(7)

駆動回路124によってアーム駆動部を構成し、ベース101、両アーム102、103とアーム駆動部とによってハンド20の駆動部を構成する。122はハンド開閉部であり、プロセッサ117のハンド開閉指令により、ハンド20を開閉駆動するものである。124はバスであり、プロセッサ117とメモリ116、操作パネル115、位置制御部118、位置検出部119、ハンド開閉部122とを接続するものである。

第11図は第10図構成の力制御部20及びアーム駆動回路121の詳細構成図であり、図中、第10図と同一のものは同一の記号で示す。

図において、120aは力成分検出回路であり、前述したように、各歪ゲージの出力から各軸の力成分 $F_x$ 、 $F_y$ 、 $F_z$ を検出するものである。

120b~120dは各軸の追従指令発生回路であり、各々力成分検出回路120aからの力成分 $F_x$ 、 $F_y$ 、 $F_z$ からパルス列の追従指令 $P F_x$ 、 $P F_y$ 、 $P F_z$ を出力するものである。

各追従指令発生回路120a~120dは同一の構成であり、追従指令発生回路120bはゲイン調整

用アンプ200b、201bと電圧／周波数変換器（以下V／Fコンバータと称する）202b、203bで構成され、力成分 $F_x$ が正の極性の時にはV／Fコンバータ202bからその大きさに応じた周波数のパルス列（アップパルス）が、力成分 $F_x$ が負の極性の時にはV／Fコンバータ203bからその大きさに応じた周波数のパルス列（ダウンパルス）が、追従指令 $P F_x$ として出力される。121b~121cは、アーム駆動回路121の各軸の駆動回路であり、同一の構成であり、追従指令 $P F_x$ 、 $P F_y$ 、 $P F_z$ と移動指令 $V_x$ 、 $V_y$ 、 $V_z$ との和を受け、各軸駆動源の電流指令（駆動信号） $S_x$ 、 $S_y$ 、 $S_z$ を各々出力するものである。

駆動回路121aは一對のオア回路210a、211aとサーボ回路212aとで構成され、オア回路210aは移動指令 $V_x$ のアップパルスと追従指令 $P F_x$ のアップパルスの論理和をサーボ回路212aへ与え、オア回路211aは移動指令 $V_x$ のダウンパルスと追従指令 $P F_x$ のダウンパルスの論理和をサーボ回路212aへ与えるものである。

(23)

一方、サーボ回路212aはアップダウンカウンタとデジタル・アナログ変換器（D／Aコンバータ）と、サーボアンプで構成され、アップダウンカウンタがオア回路210aの出力をアップカウントし、オア回路210aの出力をダウンカウントすると共に、位置検出部119からの位置パルス $P_x$ をダウン又はアップカウントし、指令位置と変位量との差を求め、D／Aコンバータでアナログ量に変換して、これをサーボアンプで増幅し、電流指令を出力する周知のものである。

以上説明した構成において、ハンド20に力が加わると力検出装置10から力の加わった方向に対する歪ゲージから信号が出力され、力成分検出回路120aに入力される。力成分検出回路120aでは歪ゲージからの信号に基づいて各軸の力成分 $F_x$ 、 $F_y$ 、 $F_z$ が検出され、各々は各軸の追従指令発生回路120b~120dに入力される。

追従指令発生回路120b~120dは検出された力成分 $F_x$ 、 $F_y$ 、 $F_z$ の極性に依りてアップ又はダウンパルスをその大きさに応じた周波数で出力す

(24)

る。

このパルス列の追従指令は、通常の移動指令 $V_x \sim V_z$ と同様に、駆動回路121a~121cに入力され、各軸駆動源の電流指令（駆動信号） $S_x$ 、 $S_y$ 、 $S_z$ として出力され、ハンド20に加わった力が零になる方向にロボットのX、Y、Z軸を駆動せしめる。

#### 〔発明の効果〕

以上説明したように、本発明に係る力検出装置は、互に直交する方向に変位する2つの平行板バネにより十字形状体の各辺を構成し、十字形状体の中心点又は十字形状体側面の中心に関し対称位置に歪ゲージ等の変位測定手段を設け、十字の中央部に力を作用させ、十字各辺端部を、支持枠に対し各辺の長軸廻りに回転可能なトーションバーを介して支持しているため、軸廻りの微小なトルクを高速度で検出でき、また各歪ゲージには1方向の力成分およびトルクのみが作用し、他方向の力成分およびトルクは作用せず、従って、複雑な

(25)

(26)

特開昭61-292029 (8)

回路を構成することなく、単純な演算式により短時間で力ベクトル成分が算出できる。このため、ロボット等の外力検出に用いた場合、外力に対応して直ちに外力を打消す方向にロボットを移動制御することができ、ロボットの高速制御が可能となり、ロボットによる作業の信頼性が向上する。また、平行板バネを変位規制手段（ストッパ）とともに形成しておけば、力検出装置が塑性変形あるいは破壊することなく安定した機能が果される。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明に係る力検出装置の構成図、第2図は第1図の力検出装置を備えたロボットの手首の構成図、第3図は第2図の一部を示す部分斜視図、第4図および第5図は本発明の力検出装置の動作説明図、第6図は軸方向の力の検出手法の説明図、第7図は歪ゲージのブロック回路図、第8図は軸廻りの力の検出手法の説明図、第9図は歪ゲージの貼付説明図、第10図は本発明が適用されるロボットの制御ブロック図、第11図は本発明

が適用されるロボットの駆動回路図、第12図は従来技術の説明図である。

- 10…力検出装置、  
11, 12, 13…平行板バネ、  
14…変位規制部材、15a, 16b…軸受、  
 $e_1 \sim e_8$ …歪ゲージ、17…スリット、  
18…アーム、19…支持棒、  
20…ハンド。

特許出願人

富士通株式会社

特許出願代理人

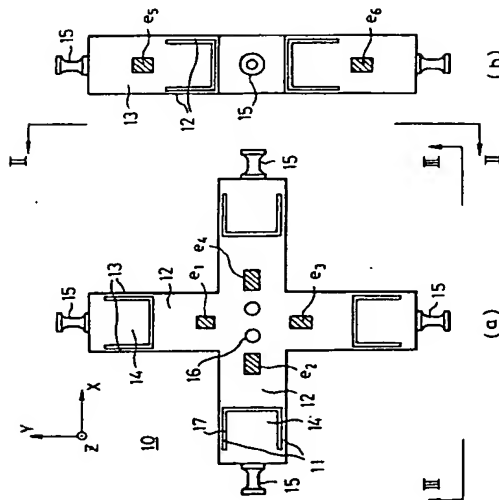
弁理士 青木 朗

弁理士 西 裕 和 之

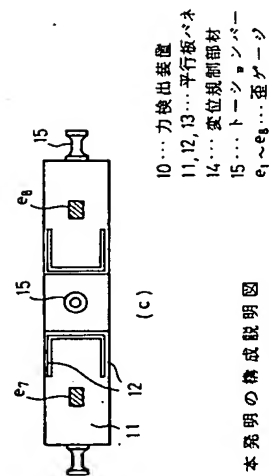
弁理士 内 田 幸 男

弁理士 山 口 昭 之

(27)



(28)

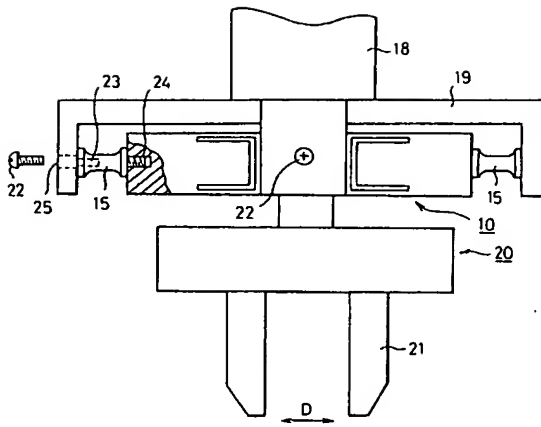


本発明の構成説明図

第1図



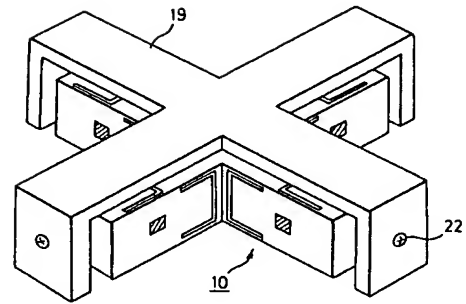
特開昭61-292029 (9)



10…力検出装置  
15…トルクセンサー  
18…アーム  
19…支持枠  
20…ハンド

本発明の適用例の説明図

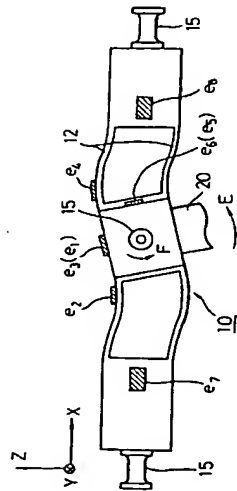
第2図



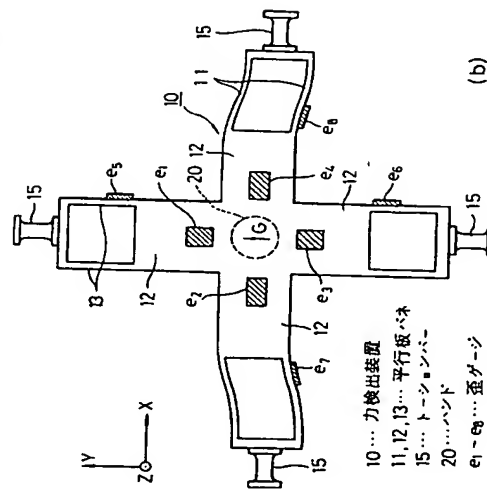
10…力検出装置  
19…支持枠

本発明の適用例の斜視図

第3図



(a)



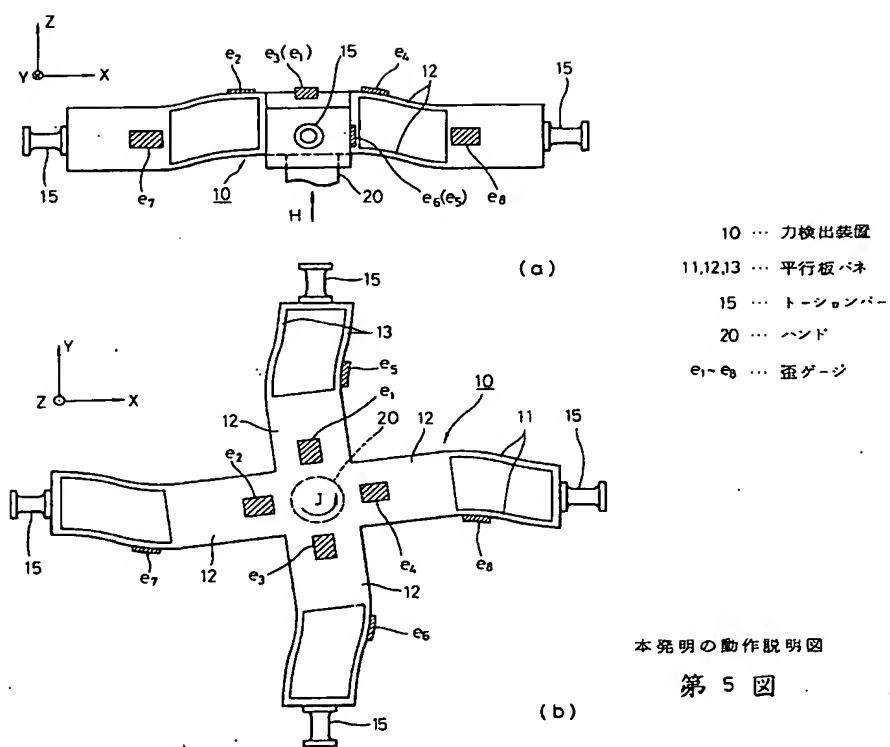
(b)

10…力検出装置  
11, 12, 13…平行板バネ  
15…トルクセンサー  
20…ハンド  
 $e_1 \sim e_8$ …歪ゲージ

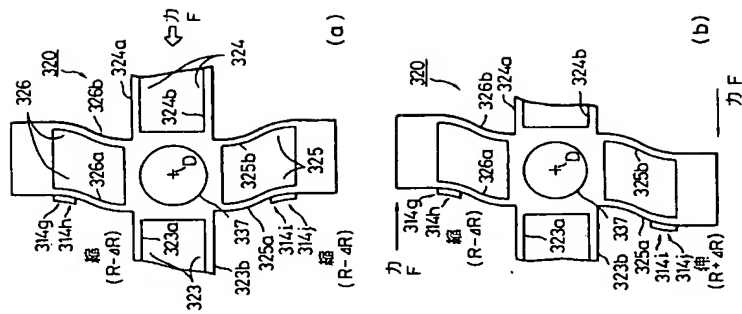
本発明の動作説明図

第4図

特開昭61-292029 (10)

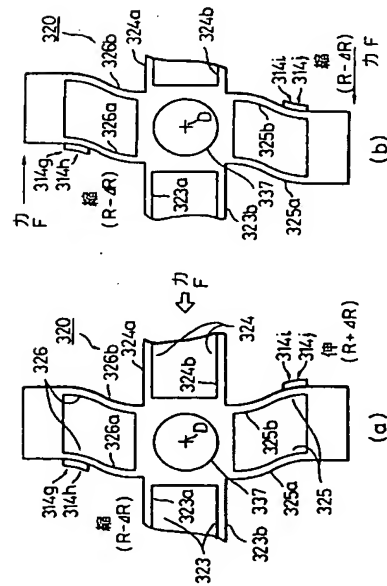


特開昭61-292029 (11)



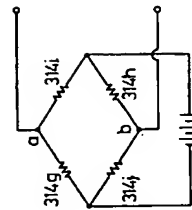
軸回りの力の検出手法の説明図

第 8 図



軸方向の力の検出手法の説明図

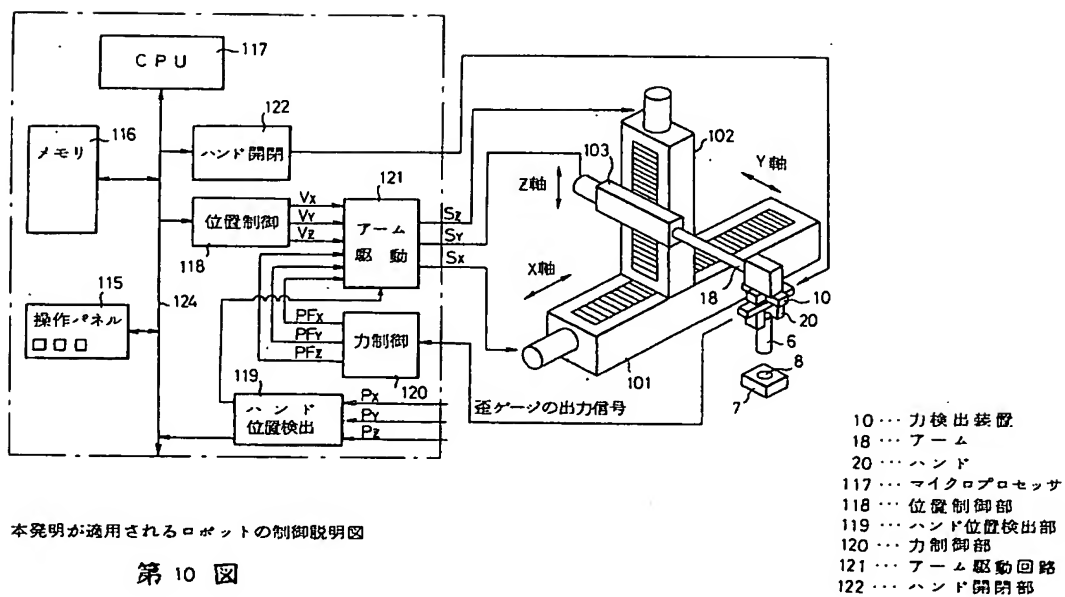
第 6 図



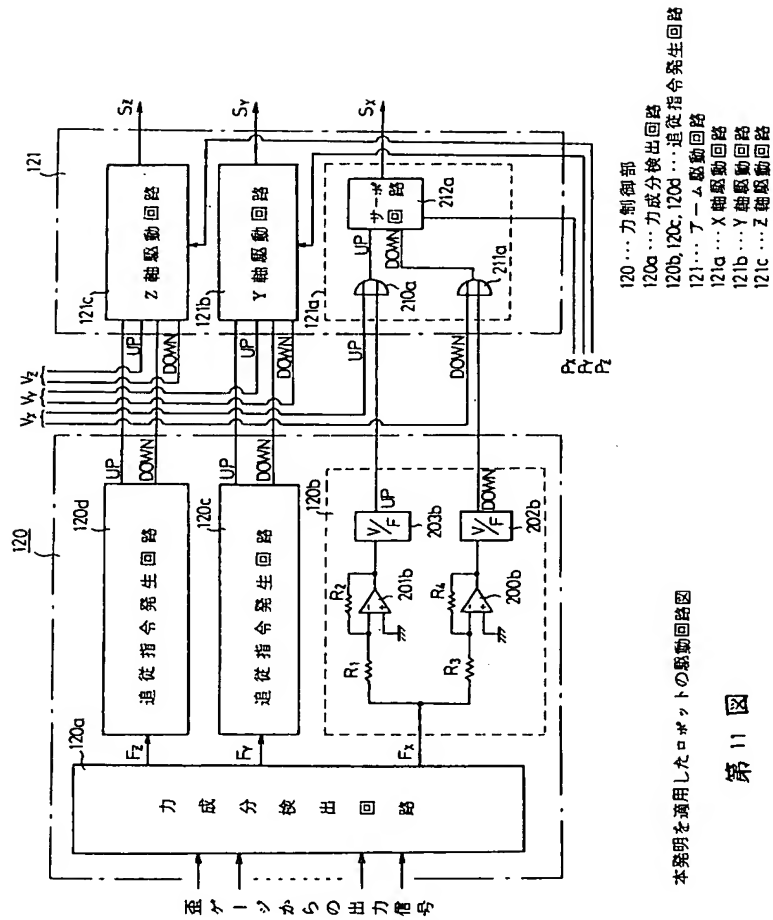
ブリッジ回路図

第 7 図

第 9 圖



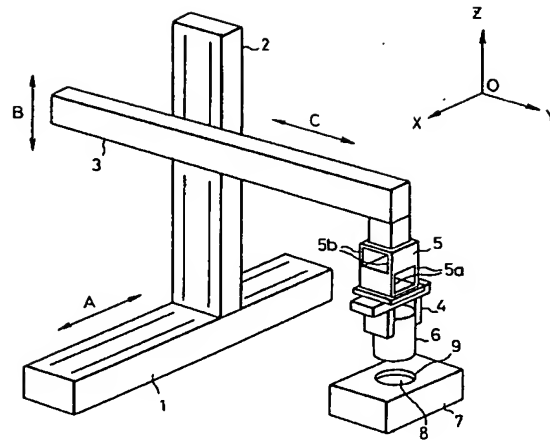
特開昭61-292029 (13)



第11図

本発明を適用したロボットの駆動回路図

特開昭61-292029 (14)



- 1... ベース  
 2, 3... アーム  
 4... ハンド  
 5... 力検出装置

従来技術の説明図

第 12 図